

第20章 無機化合物（酸、アルカリ）

1. 緒言

本章では、無機化合物のうち、酸およびアルカリとして使用されるものを取り上げると共に、食品の製造・加工に使用される酸とアルカリのバランスに関しても考察を加える。

酸としては、塩酸、硫酸、リン酸について検討し、アルカリとしてはアンモニア、水酸化カリウム、水酸化カルシウム、水酸化ナトリウム、炭酸カリウム、炭酸水素ナトリウム、及び炭酸ナトリウムについて検討する。

これらのうち、膨脹剤を主要用途とする炭酸水素ナトリウムの5%水溶液の液性は、pH 8前後(7.9~8.4)と中性に近く、アルカリとしては極めて弱いものであるが、他の炭酸塩(炭酸カリウム及び炭酸ナトリウム)と共にアルカリとして本章で検討する。

なお、二酸化炭素は水に溶けて炭酸となり、酸性を示すが、無機酸とはせず、第22章の「その他添加物」の項で取り上げる。さらに、アルカリ剤のうち、アンモニウム化合物も第22章で取り上げる。

無機酸の金属塩に関しては、ここで検討する他にもあるが、そのうち、リン酸塩類は第19章で取り上げており、その他は主に第22章で取り上げる。

本章で取り上げる酸は、酸味料としても使われるリン酸を除けば、食品製造の過程で製造用剤として使われるものである。一方、アルカリは、コンニャクの凝固に使われる水酸化カルシウム、膨脹剤などの目的で使用されるアンモニア及び膨脹剤の主成分である炭酸塩類を含め多様な加工食品を製造する際に製造用剤としてさまざまに使用されるものである。

ところで、水酸化カルシウムの代替に生石灰(酸化カルシウム)、焼成カルシウムなどが使われることもあるが、これらは既存添加物として、指定添加物と扱いを異にしているため、今回の調査からは外れており、検討・考察する際も除外する。

また、食品添加物として製造・出荷されたアルカリ剤の一部は、食品添加物である有機酸類のアルカリ塩類を製造するための原料としても使われている。このような事例には、L-グルタミン酸ナトリウムの製造に使用される水酸化ナトリウムなどがある。しかし、これらは、食品添加物のラベルで出荷されていても食品向けの使用量調査の対象外となる。

また、前回までは、別々に指定されていた無水物と結晶品が、一本化されたため、水酸化ナトリウム及び炭酸ナトリウムは蒸す異物換算での報告になっている。

ところで、本章で取り上げる酸及びアルカリのうち、塩酸、硫酸、水酸化カリウム及び水酸化ナトリウムは、使用基準で、「最終食品の完成前に中和又は除去すること。」が定められており、多くの場合は中和処理が行われている。このような使用状況から、これらの物質が人に酸またはアルカリそのままの形で摂取されることはない。

2. 調査結果

本章で取り上げる酸及びアルカリの食品向け出荷報告量と報告会社数の平成10年及び平成13年調査での推移を＜表 20-1＞に示す。

＜表 20-1＞ 酸・アルカリの純食品向け出荷量

食品添加物	平成10年		平成13年	
	純食品向け 出荷量	会社数	純食品向け 出荷量	会社数
＜酸＞				
塩酸	4 3 0 0 0 t	2 2 - ₁	5 9 0 0 0 t	2 1 - ₁
硫酸	1 4 0 0 t	5 - ₁	2 1 0 0 t	3
リン酸（85%）	1 0 0 t	2	1 3 0 0 0 t	6
＜アルカリ＞				
アンモニア	1 8 0 0 t	7 - ₃	0 t	6
水酸化カリウム	1 1 0 0 t	5	1 1 0 0 t	4
水酸化カルシウム	1 3 0 0 0 t	2 0 - ₂	1 1 0 0 0 t	2 0 - ₁
水酸化ナトリウム	4 2 0 0 0 t	2 0 - ₁	7 6 0 0 0 t	2 2 - ₁
同（結晶）	3 4 0 0 t	4	（上に統合）	
合計（無水物換算）	4 4 0 0 0 t		7 6 0 0 0 t	
炭酸カリウム（無水）	2 0 0 t	3	3 5 0 0 t	2
炭酸水素ナトリウム	8 6 0 t	2	1 7 0 0 0 t	3
炭酸ナトリウム（結晶）	0	2 - ₁	（下に統合）	
同（無水）	3 7 0 t	4	4 4 0 0 t	8 - ₁
合計（無水物換算）	3 7 0 t		4 4 0 0 t	

注） 会社数欄に－1、－2などとあるものは、報告はあったが食品添加物出荷量及び純食品向け出荷量のいずれも0と報告した会社の数

この報告では、前回と今回で大きな差がある品目があるが、多量に製造販売される無機系化学品の中から量的にはわずかな食品添加物として販売した量を把握することの困難さが現れているものと考えられる。

この中で、前回報告と大きく変動したものには、次のものがある。

リン酸は報告会社数が6社で、前回の2社から前々回の6社に戻り、報告量も130倍になり、際だった変動を見せている。これは前回の調査での報告漏れが大きく影響したものと考えられる。

調査の旅に大幅に減少してきたアンモニアは、今回は順食品向けの出荷は0となった。

また、前回大幅に減少した炭酸カリウムおよび炭酸ナトリウムは、炭酸水素ナトリウムと共

に10倍以上と大幅に増加している。

これらのうち、アンモニアに関しては、食品添加物グレードの製品出荷量は34万tとなっていることと、アンモニアがガス状であることを考慮すると、使用実態を勘案した検討が必要である。

炭酸塩類は、メーカーが大手の無機化学(ソーダ工業)企業であり、特別に食品添加物を製造しているとの認識は少なく、報告担当者によってアンケートへの回答が大きく変動することも考えられ、流通の実態等を勘案した考察が必要である。

3. 品目別考察

(1) 塩酸

塩酸は、食品の製造・加工に使用する無機酸の代表であり、デンプンの糖化による水飴(デキストリン)やブドウ糖の製造、タンパク質の分解によるペプチドやアミノ酸の製造などに使用されている。

今回は、20社のメーカーからの報告で、純食品使用向けの出荷報告は59000tと、前回の43000tより37%の増加となっており、食品添加物としての出荷量報告も86万tと32%増加している。このことから、食品添加物グレード品の製造量は増加傾向にあるものと見られる。ただ、出荷量中の純食品向けの把握が困難で、アンケートに対する報告も不正確にならざるを得ないものと考えられる。

一方、業界の統計によると食品向けは、98000tとなっている(ソーダと塩素 2002年5・6号)。この業界統計には、食品に直接使用するものと食品業界向けに出荷された量を含むものと考えられる。

これらを勘案し、純食品向けの出荷量は、前回と同様に85000tと査定する。

なお、本品は、食品添加物の使用基準により、最終食品の完成前に中和あるいは除去することが義務づけられており、食品中には「塩酸」の形では存在しない。何らかの形で残る場合は、塩化ナトリウム、塩化カリウムなど中和生成物として食品中に混在する形になる。

(2) 硫酸

硫酸は無機系の強酸であり、禁水性など取り扱いにさまざまな注意を要することから、大手の素材食品加工業で利用されるものが殆どと見られる。

本品の主要な用途は、かつて調査された「食品での使用事例」などを参考にすると、植物油の精製、デンプンの糖化などに使われ、直接の使用ではないが、砂糖の製造に際して利用されるイオン交換樹脂の再生にも使われている。

純食品向けの出荷報告値は2100tと前々回なみに戻っている。ところで、大手硫酸メーカーの報告には、食品添加物として出荷しているが、食品向けは0と報告してきたところもあり、食品添加物としての出荷量では7300tと報告されている。

業界の統計値や、文献における推定値はないが、使用対象食品の製造が大幅に減少しているとは認められないため、純食品向けの出荷量を、前回と同様に、報告値に上乗せした4500tと査定する。

本品も、最終食品では、完成前に中和あるいは除去により、「硫酸」の形では存在しない。

(3) リン酸

リン酸は、コーラ系炭酸飲料の味を特徴づける「酸味料」としての使用も大きなウェイトを占めており、かつての「食品での使用事例」では、ビールでは製造用剤としての使用や、製造用剤として食用油脂製品の精製(酸洗浄など)での使用も報告されている。このように、他の無機酸が全て製造用剤として使用されることに対して、リン酸はいわゆる食品添加物としての使われ方があるという特徴がある。

本品の、純食品向け出荷報告(85%換算)が前回の100tから13000tへと大幅に増加し、前々回の7900tをも上回る数値が報告されている。なお、食品添加物としての出荷量も、前回の15000tから44000tに増加している。この3年間に主要用途である飲料を含めた食品向け使用量が大幅に変動したことは考えられず、前回報告漏れがあった大手リン酸メーカーからの報告による増加と共に、食品添加物になる各種のリン酸塩類の原料用のリン酸も含めた報告が混在していることも考えられる。

このことは、コーラ系飲料の製造量は、116万kl(2000年度統計)であり、この中にリン酸が0.05%程度含まれていることから、コーラ系飲料でのリン酸の需要量は580t程度、多く見積もった場合でも1000t程度と考えられる。このことから、今回の純食品向け出荷量(13000t)の報告には、報告者の思い違いがあったものと認められる。

文献によると、食品業界での使用量は、ほぼ2000t(食品化学新聞 1999年1月14日号、2001年1月11日号及び2002年1月17日号)と推定され、業界の統計でも85%換算で2000tとなっている(日本無機薬品協会編 無機薬品の実績と見通し:平成13年度実績)。

これらを総合的に検討し、純食品向けの出荷量を、85%もので2000t、100%換算で1700tと査定する。

(4) アンモニア

アンモニアの食品向け出荷報告値が減少してきたが、今回は0との報告になっている。

本品は、かつては凍豆腐(しみ豆腐・高野豆腐)の膨軟化に、アンモニア膨軟加工法が採用されていて多量に使用された実績があるが、近年は公害対策も含め、炭酸水素ナトリウムなどのアルカリ剤による膨軟化法が開発され、アンモニアによる膨軟化は極端に少なくなっている。

このため、現在は、一部が膨脹剤として使用される以外は、発酵食品の窒素源などに使われるものが主体をなしているものと見られる。

このため、実態を把握することは困難であり、文献による推定も行われていないが、食品添加物としての出荷量報告(43万t)も参考にして、前回より20%減の2000tが純食品向けに使用されているものと査定する。

(5) 水酸化カリウム

水酸化カリウムは、水酸化ナトリウムの代替用にと、1991年に指定された比較的新しいアルカリ剤であり、多くは製造用剤として使用されている。

現時点では、大きく動いているとの情報もないことから、前回と同様の純食品向け出荷報告値であった1100tが妥当と考える。

本品は、水酸化ナトリウムと同様に使用基準で、最終食品の完成前に、中和又は除去することが定められており、最終食品に「水酸化カリウム」の形で残存することはない。

(6) 水酸化カルシウム

水酸化カルシウムは、消石灰とも呼ばれる強アルカリ性のカルシウム剤である。

食品向けには、前回に比べて微減の11000tの報告がなされているが、この出荷量は、前回純食品向けとして推定した数値(13000t)と大きな変動はなく、今回の報告値は妥当と考える。

ただし、次のような理由により、人が摂食する時の水酸化カルシウムの量は大幅に削減する必要がある。

本品の主要な使用目的に、コンニャクの凝固剤がある。コンニャクの製造に対して出荷量の約半量の6000tが使用されているものと推定されており、製品のコンニャクでは使用量の1%(60t)が移行・残存するものと見なされている。

この他には、中和剤、脱酸剤など製造用剤として水あめの製造、糖蜜の調製、砂糖の精製などで使われている。

(7) 水酸化ナトリウム

水酸化ナトリウムは、苛性ソーダの名称で良く知られているアルカリ剤である。本品には、無水物と結晶物があり、使い勝手の良い水溶液(水酸化ナトリウム液)でも流通している。

調査では、今回からは、結晶品及び水溶液は全て無水物に換算して報告することが求められている。その報告値は76000tと、前回の無水物換算44000tに比べて約70%の増加を示している。なお、食品添加物としての出荷量合計は、220万t強となっている。この数値には工業向けを含めた食品添加物規格に合格する無機化学薬品としての水酸化ナトリウムが含まれているものと認められる。

一方、業界の統計によると食品業界向けに13万t(ソーダと塩素 2002年5・6号)となっている。この業界統計には、製造工程で使うイオン交換樹脂の再生など、食品の製造には直接関係しない用途向けの量も含まれているものと考えられる。

これらを考慮して、前回と同様の75000tが純食品向けの使用量(食品の製造・加工時の直接使用量)と推定する。

本品は、食品の製造・加工の工程で使用された無機酸の中和に用いられる他、食用油の精製やミカン等の果皮の溶解除去などにも用いられている。

ただし、本品は、最終食品の完成前に中和又は除去することが定められており、最終食品中に「水酸化ナトリウム」の形で残存することはない。

(8) 炭酸カリウム

炭酸カリウムは、報告会社数が前々回の6社、前回の3社からさらに減少し2社となったが、大口メーカーからの報告もあり、純食品向け出荷量は、前回の200tから前々回の3100tとほぼ同様の3500tに復活している。

かつて調査された本品の「食品での使用事例」では、「かんすい」として中華めん類に使われるものが圧倒的であり、一部が膨脹剤の成分として菓子などに使われ、水産練り製品や乳関

連食品にも使用されている。

文献では、2000 t (食品化学新聞 1999年1月14日号及び2002年1月17日号)と推定されている。

ところで、「かんすい」の自己認証のための日本食品添加物協会の自主認定制度への届出では、「かんすい」は約6000 tであるが、この自主認定制度以外の流通もあり、「かんすい」の合計量は約8000 t程度あるものとみなされる。この「かんすい」には水溶液で流通するものも含まれており、配合される炭酸カリウムの量は、「かんすい」の約1/4の2000 t程度と考えられる。その他の目的での使用と合わせて2500 tが純食品向けに使用されているものと推定される。

ただし、人が摂食する炭酸カリウムの量としては、「かんすい」として中華めん類に使用されたものから、ゆで液などに溶出する量を考慮する必要がある。

(9) 炭酸水素ナトリウム

炭酸水素ナトリウムは、重曹という名称で膨脹剤のふくらし粉(ベーキングパウダー)の主成分として親しまれている。

本品の「食品での使用事例」では、プロセスチーズ製造の際に乳化を促進する目的で多量に使われており、コーヒー飲料での使用、ビスケットを初めとする菓子類の膨脹剤としての使用も報告されている。

これらのうち、膨脹剤として使われたものは、炭酸ガスを放出して他の物質に変化して食品中に無機成分になる。

本品の純食品向け出荷報告値は、前回よりは増加したものの17000 tと前回の20倍になっている。食品以外の分野での食品添加物「重曹」使用が宣伝されており、メーカーの認識が高まったための報告量の増加と考えられる。

一方、文献では12000 t (食品化学新聞 1999年1月14日号および2002年1月17日号)と推定しており、この数値は実態に近いものと考えられる。

今回の報告には食品以外の目的での出荷が含まれているものと考えられることから、純食品向けの出荷量は、前回と同様に12000 tと査定する。

しかし、人での摂取を考える場合は、炭酸ガスを放出して他の物質に変化する膨脹剤での使用を初めとする、食品製造・加工工程での分解も考慮する必要がある。

(10) 炭酸ナトリウム

炭酸ナトリウムには、結晶物と無水物があるが、今回からは、無水物に換算したもので報告されている。前回370 tと極端に少ない数値になっていたが、今回は4400 tに増加している。なお、食品添加物グレードでの出荷は86000 tに達しており、メーカーでは使用の実態を把握し切れていないものと認められる。

かつての本品の「食品での使用事例」では、「かんすい」の成分としての中華めん類での使用が主体であり、その他、コーヒー飲料や乳飲料などでの使用、プロセスチーズなどでの乳化塩としての使用(加工助剤)があり、膨脹剤としての使用は比較的少ない。

なお、「かんすい」に配合される炭酸ナトリウムは、「かんすい」の総量8000 tの1/4強の2000 t程度と考えられる。

ところで、文献によると11000 t (食品化学新聞 1999年1月14日号及び2002年1月17日号)と推定している。また、業界の統計では、ソーダ灰(炭酸ナトリウム(無水物))の食品向けの出荷量を、5100 tとしている(2001年度：ソーダと塩素 2002年5・6号)。

これらを考慮して、食品向けに10000 tが使用されているものと推定する。

なお、人での摂取量の検討に際しては、「かんすい」での溶出量などを考慮する必要がある。

調査結果とともに、個々の品目に関する考察の根拠となるものとして業界発表や文献で推定された食品向け出荷量をまとめて<表 20-2>に示す。

また、ここまでの各品目毎に考察したように、出荷量の報告および文献による推定値を基に、個々の品目別に査定した純食品向け使用量も合わせて示す。

<表 20-2> 無機化合物の酸・アルカリの食品添加物としての使用量

食品添加物	前回調査の 査定量	純食品向け 出荷量	文献等での 推定値* ¹	純食品向け 使用査定量
塩酸	85000 t	59000 t	<100000 t>* ²	85000 t
硫酸	4500 t	2100 t		4500 t
リン酸(100%)	1700 t	13000 t	2030 t <2000 t>	1700 t
アンモニア	2000 t	0 t		2000 t
水酸化カリウム	1100 t	1100 t		1100 t
水酸化カルシウム	13000 t	11000 t		11000 t
水酸化ナトリウム* ³	75000 t	76000 t	<130000 t>	75000 t
炭酸カリウム	3000 t	3500 t		2500 t
炭酸水素ナトリウム	12000 t	17000 t	12000 t	12000 t
炭酸ナトリウム* ³	10000 t	4400 t	11000 t <7800 t>	10000 t

<注> *¹ 文献値は主として、食品化学新聞1999年1月14日号の数値を使用

*² 文献値等欄の< >内の数値は、業界統計による食品産業向け出荷量

リン酸は無機薬品工業会(1998年度)、その他は日本ソーダ工業会(2000年度)の統計

*³ 水酸化ナトリウム、炭酸ナトリウムの推定量は、前回、今回とも無水物換算

4. 食品向け使用量と人の摂取量

前節で、純食品向け出荷量を〈表 20-2〉の如く査定したが、その考察の段階で述べてきたように人での摂取量を推定する際には、水への溶出、分解による消亡なども考慮する必要がある。次に、個々の食品添加物ごとに見ていくことにする。

まず、使用基準などで中和又は除去することが定められているため、そのままの形では食品中には残存しない食品添加物には、次のものがある。

酸 : 塩酸、硫酸

アルカリ : 水酸化カリウム、水酸化ナトリウム

この4品目を除いた、人が直接摂食する可能性のある酸及びアルカリについて検討する。

(1) リン酸

リン酸は、コーラ系炭酸飲料に酸味料として使われるものと、製造用剤として使われるものを分けて見ていく必要がある。

コーラ系は、116万klが製造されており、この中に約0.05%弱のリン酸が含まれていることから580t程度が使用されており、この他に残存する使い方も考えられるため、総量で650tが食品から直接的に摂取される使用量と考えられる。

(2) アンモニア

アンモニアが食品添加物として使われる食品に凍豆腐があったが、現在はアンモニアを使用する製法が極めて少なくなっている。その他の食品に使われる場合では、製造工程で揮散するか、あるいは中和されるため、アンモニアの形で人が摂取することは、殆どないものと考えられる。

(3) 水酸化カルシウム

前節の個別考察にあるように、コンニャクに使用される水酸化カルシウム6000tのうち、製品に残存する量は1%の60tと見なされる。その他の食品で使われるものの多くは、強アルカリとして中和などの目的で加工助剤として使用されるものであり、最終食品に残存する量も60t程度と推定される。両者の合計である120tが、食品からの摂取量となる。

(4) 炭酸カリウム

前節で検討したように、中華めんの製造に「かんすい」として使用されたものは、ゆで湯中に溶出する部分があり、この溶出した「かんすい」は摂取されない。ゆで湯への溶出量は使用量の40%と推定されている。食品からの摂取は、かんすいに使用される2000tの60%に相当する1200tと、その他の食品向け500tの合計量である1700tと査定する。

(5) 炭酸水素ナトリウム

本品は、膨脹剤としての使用が多く、この場合は分解するため食品中には残存しない。この炭酸水素ナトリウムは、炭酸ガス(二酸化炭素)を放出して分解するが、その一部は、炭酸ナト

リウムの形で食品中に残るものと見られている。

この膨脹剤(製剤)に使用される量(全量の40%)を除いた7200tを、摂食される食品での使用量と見なす。

(6) 炭酸ナトリウム

本品は、「かんすい」として3000t使用され、一部(40%)がゆで湯中に溶出することにより60%の1800tが中華めん中に残存する。また、膨脹剤、乳化塩、中和剤として使われるものは、食品中では炭酸ナトリウムの形では残存しない。このため、その他の食品に使われて残存する炭酸ナトリウムの量は200t程度と認められる。

これらから、人が摂食する形での食品における炭酸ナトリウムの量は2000tと査定する。

ここまで考察してきたヒトが摂食する食品添加物の量を基に、ヒトが食品添加物を食品から摂取する1日当たりの量を算出する。

人口約12700万人(2001年12729万人)であり、食品中の食品添加物100tが、1日当たり1人2.16mg(前回時の人口12600万人では、2.17mg)摂取することに相当する。

この摂取量を基に算出した摂取量を、〈表 20-3〉に示す。

〈表 20-3〉 人の食品添加物からの1日当たりの酸及びアルカリの摂取量

食品添加物名	純食品向け 使用査定量	食品中への 残存使用量	食品からの 摂取量	人の摂取量
	t	t	t	mg/日・1人
塩酸	85000		0	0
硫酸	4500		0	0
リン酸	1700	650	520	11.23
アンモニア	2000		0	0
水酸化カリウム	1100		0	0
水酸化カルシウム	11000	120	96	2.07
水酸化ナトリウム	75000		0	0
炭酸カリウム	2500	1700	1360	29.38
炭酸水素ナトリウム	12000	7200	5760	124.42
炭酸ナトリウム	10000	2000	1600	34.56

無機系の酸及びアルカリが実際に摂取されると推定される量は、上記のとおりである。

ところで、炭酸塩類のように、食品の製造中に分解などにより揮散あるいは消亡するもの、

および、食品の完成前に除去したもの以外、食品製造に際してその完成前に中和を行った酸やアルカリの場合では、硫酸ナトリウムや塩化カリウムなどのように、何らかの化学物質に形を変えて食品中に残存することになる。今回は、このような形を変えての残存については考慮しなかった。

今後、このような物質での残存を検討する必要性が生じた場合には、当該食品の製造工程をつぶさに点検し、水洗除去、ろ過除去その他の方法で生成物が除去されるものか否かを確認する必要がある。この、作業を行わずに生成物が食品中に残存すると仮定することは、食品中の各種成分の実態から大きく乖離する危険性がある。

したがって、このような検討が困難な場合は、形を変えての残存を考慮することは、かえって混乱をきたすことが想起され、これまでと同様にそのままの形で摂取される量だけを検討することが好ましいと考えられる。

5. 酸とアルカリのバランス

食品の製造・加工の工程では、使用された酸あるいはアルカリを中和して除去することもしばしば行われている。この使用で取り上げられた酸とアルカリについてどの程度のバランスになっているかを簡単に検討する。

コーラ系炭酸飲料などに使われるリン酸は、食品中に酸性物質として残るものの、その食品の味を特徴づける必須の酸味料として使用されるものであり、コンニャクの凝固用に使用される水酸化カルシウムは完成した食品をアルカリ性に行っているが、これもコンニャクでの特有の使用方法である。これらに使われる酸やアルカリは、ここで検討する製造用剤として使われる酸－アルカリのバランスには関与しない。

さらに、「かんすい」の構成成分として配合される炭酸塩類は、中華めんに使われて食品中でアルカリ剤として効果を発揮し、完成した食品もある程度のアルカリ性を示すが、これは食品の特性であり、酸とアルカリのバランスを検討する対象から外れるものと考えられる。また、単独での使用或いは酸性成分と反応することにより炭酸ガスを発生させることを機能とする膨脹剤として使用される炭酸塩類は、その使用方法から考えて、一定の範囲内で酸－アルカリのバランスがとれているものと考えられる。

したがって、コーラ系炭酸飲料などに使用されるリン酸 650 t、こんにゃく用の 6000 t を含めた水酸化カルシウム 7000 t、かんすい用の炭酸カリウム 2000 t、かんすい用の 2000 t を含めると炭酸ナトリウムでは 3000 t が、酸－アルカリバランスには関与しないものと見なされる。このため、ここでの検討からは除外し、専ら製造用剤として加工助剤的に使用される酸とアルカリについて検討する。

ところで、塩酸は、通常、塩化水素 ($\text{HCl} = 36.46$) を 35～37% 程度含む水溶液であり、酸－アルカリのバランスを検討する際には、この濃度を考慮する必要があり、1 万 t の塩酸は約 3700 t の塩化水素を含み、酸として 10.1 万キロ(k) 当量に相当する。また、リン酸は通常 85% の濃度で流通しているが、純食品向けの使用量の推定では、100% 濃度として推定しており、推定値をそのまま使用しうる。

アルカリでは、水酸化カリウムが、成分規格で含量が 85% 以上であることと定められているように、通常はアルカリ含量として 90% 程度であるため、検討の際にはこの点を考慮する

必要がある。

その使用量と、酸あるいはアルカリとしての当量を＜表 20-4＞に示す。

＜表 20-4＞ 無機系の酸－アルカリバランス

食品添加物	純食品向け 使用査定量	酸又はアルカリ としての使用量	酸又はアルカリ としての当量
	t	t	万k当量
＜酸＞			(合計) 101.7
塩酸	85000	85000	89.3
硫酸	4500	4500	9.2
リン酸	1700	1050	3.2
＜アルカリ＞			(合計) 220.5 (200.1)
水酸化カリウム	1100	1100	1.8
水酸化カルシウム	11000	4000	10.8
水酸化ナトリウム	75000	75000	187.5
炭酸カリウム	2500	500	7.2
炭酸ナトリウム	10000	7000	13.2

＜注＞ アルカリの合計当量のうち（ ）内の数値は炭酸塩類を除いた数値

表に示したように、前回と同様に、指定添加物における酸の当量とアルカリの当量は、大きく（約2倍）アルカリ側に偏っている。

この結果、製造用剤として使用される酸とアルカリだけでは、アルカリ側にバランスがずれていることが判明したが、これは、水酸化ナトリウムの使用量に大きく影響を受けているものであり、食品の製造工程でイオン交換などによって除去されるアルカリ量を換算していないためと考えられる。

食品中の酸とアルカリのバランスでは、有機酸や酸味料としてのリン酸の影響などもあるが、通常の食品が弱酸性に偏っていることを考慮すると、特に取り上げて問題視する必要はないものとする。

第21章 無機化合物（ミョウバン）

1. 緒言

通常、ミョウバンと呼ばれる物添加物の中には、硫酸アルミニウムアンモニウム及び硫酸アルミニウムカリウムの2種類があり、「みそ」への使用は禁止されている。

硫酸アルミニウムアンモニウムには結晶物と乾燥物があり、アンモニウムミョウバン、焼アンモニウムミョウバンともいわれる。硫酸アルミニウムカリウムには結晶物と乾燥物があり、ミョウバン、焼ミョウバンとも呼ばれている。

これらの主たる用途は、膨張剤の酸性成分として用いられ、ケーキ、クッキー、ビスケット等の焼菓子に広く用いられている。また、漬物、特に美しい紺色を出すのに必須の添加物といわれてして利用されている。

その他魚介類加工品の品質改良剤や色調改良剤として使用されたり、野菜類の加工時の軟化を防止をする目的で使われることもある。

2. 調査結果

ミョウバン類の調査結果出荷報告値を表 21-1 に示す。なお、今回の調査では、硫酸アルミニウムアンモニウム及び硫酸アルミニウムアンモニウム（乾燥）並びに硫酸アルミニウムカリウム及び硫酸アルミニウムカリウム（乾燥）の区別は行わなかった。

表 21-1 出荷報告値一覧表

食品添加物名	平成10年（1998年）		平成13年（2001年）	
	純食品向け出荷量 (kg)平成4年 (1992年) (t)	会社数	純食品向け出荷量 (kg)平成7年 (1995年) (t)	会社数
硫酸アルミニウムアンモニウム	709,550	2	155,670	2
硫酸アルミニウムカリウム	1,904,400	4	2,003,620	4

3. 品目別考察

（1）硫酸アルミニウムアンモニウム

平成13年度全国ミョウバン工業会が調査した推定によると、硫酸アルミニウムアンモニウム（乾燥）の業種別使用比率及び使用量は以下のとおりとしている。この数値は現時点も大きく変化していないものと考えられる。

表 21-2 ミョウバン類の用途別使用割合及び使用量の推定

用途名	硫酸アルミニウムアンモニウム (%)	硫酸アルミニウムカリウム (%)
膨張剤	29	56
漬物	41	17
水産加工品	28	23
その他	2	4
食品への 使用量(t)	約360	約3,100

前回は、硫酸アルミニウムアンモニウムの食品への使用量は360 tと査定した。一方、平成13年度の出荷報告では食品添加物としての出荷量336 t中、純食品向けが156 tであった。また、平成13年度日本無機薬品協会の調査結果では209 tであった。これらの報告結果から、硫酸アルミニウムアンモニウムの食品への使用量は160 tと査定した。なお、今回の査定においては硫酸アルミニウムアンモニウムの結晶物から乾燥物への換算は行わなかった。

(2) 硫酸アルミニウムカリウム

前回は、硫酸アルミニウムカリウムの食品への使用量は2,600 tと査定した。一方、平成13年度の出荷報告では食品添加物としての出荷量2,206 t中、純食品向けが2,004 tであった。また、平成13年度日本無機薬品協会の調査結果では526 tであり、業界紙による推定需要量は2,000 t弱であった。これらの報告結果から、硫酸アルミニウムカリウムの食品への使用量は2,000 tと査定した。なお、今回の査定においては硫酸アルミニウムカリウムの結晶物から乾燥物への換算は行わなかった。

4. まとめ

前回の調査と比較し、今回の出荷報告値は硫酸アルミニウムアンモニウムが大きく減少しているが、これらの添加物の需要量はほぼ一定化しているものと推定され、本来大きく減少することは考えられないため、調査時の記載ミスによるものと思われる。以下食品向け査定量、人摂取量、ADI比について表21-3に示す。

なお、1日摂取量を計算する際、漬物に使用されていると推定される硫酸アルミニウムアンモニウム約66 t及び硫酸アルミニウムカリウム約340 tのうち、その半量が「なす」の塩漬け時に使用されると考え、これらは水洗により除去されるため加工助剤とされているので、摂取量の計算からは除外し算出した。

表 21-3 食品向け査定量、人摂取量、ADI比

食品添加物名	純食品向け 査定量(kg)	人摂取量 (kg)	1人1 日摂取 量mg/人 /日 (A)	ADI mg/ 人/日 (B)	ADI 比 A/B%	分析学的報告 値 mg/人/日
硫酸アルミニウムアンモニウム	127,000	100,000	2.2			5.23
硫酸アルミニウムカリウム	1,830,000	1,440,000	31.2	350*	9.5	(1998-1999)

*PTWI：1週間の量として

第 2 2 章 無機化合物（二酸化ケイ素）

1. 緒言

二酸化ケイ素には、ろ過助剤として使用されるもの（最終食品の完成前に除去しなければならない。）と、微粒二酸化ケイ素として一般食品の固結防止の目的で、食品に対し 2 % まで使用が認められているものの 2 種類がある。

人が摂取する添加物という観点からとらえると、ろ過助剤であとして用いる二酸化ケイ素は最終食品の完成前に除去しなければならないことから、人が摂取することはないため、二酸化ケイ素の摂取量を評価する場合には微粒二酸化ケイ素のみに注目すれば良いと考えられる。

2. 調査結果

二酸化ケイ素と微粒二酸化ケイ素は食品衛生法施行規則別表 2 1 では区別されていないが、これまで今回の調査では使用実態が異なるため、二酸化ケイ素と微粒二酸化ケイ素をそれぞれ個別に報告されを求めている。しかしながら、平成 13 年度の調査結果ではこれらを区別することなく、すべて二酸化ケイ素として報告されている。

これらの出荷報告値を表 2 2 - 1 に示す。

表 2 2 - 1 出荷報告値一覧表

食品添加物名	平成 10 年（1998 年）		平成 13 年（2001 年）	
	純食品向け出荷量 (Kg)	会社数	純食品向け出荷量 (Kg)	会社数
二酸化ケイ素	10,243,703	5	1,428,403	9
微粒二酸化ケイ素	311,500	3	—	

3. 品目別考察

（1）二酸化ケイ素

平成 7 年の純食品向け出荷量 10,613 t、平成 10 年は 10,243 t とほぼ同じ出荷量となっていたが、平成 13 年調査結果では約 1,400 t と大幅に減少している。この背景としては、これまで大量の出荷量を報告してきた 1 社（平成 10 年は純食品向け出荷量として 8,400 t と報告）が、平成 13 年には 170 t 程度へ激減したことによる。再調査した結果も変更がなかったが、純食品向け出荷量としてはほぼ妥当な値とも考えられる。いずれにしろ、ろ過助剤として利用される二酸化ケイ素は最終食品の完成前に除去しなければならないため摂取されることはないので、今回は報告値から微粒二酸化ケイ素の出荷推定値（（2）に推定したごとく、平成 13 年度の純食品向け出荷量を 261 t と推定）を差し引いた値をそのまま二酸化ケイ素の使用量と推定した。

（2）微粒二酸化ケイ素

これまでは、微粒二酸化ケイ素に関してはとして、個別に報告されてきたが、今回は微粒二酸化ケイ素を個別に報告してきた企業はなかったため、平成 7 年及び平成 10 年の出荷報告実績から、告値は過大で純食品向け出荷量を推定した。

これまでの報告実績から、微粒二酸化ケイ素を出荷している企業は 3 社と推定され、合計で 261 t (3 社) となるが、その大部分が食品用フィルム等への使用と予想される。従って、平成 10 年度の調査で、微粒化二酸化ケイ素の報告のあった企業で、平成 13 年度報告があった同一企業 2 社の出荷値の合計量 (18t) を今回の査定値と推定した。

まとめ

二酸化ケイ素はろ過助剤としてしか使用できないため、人の 1 日摂取量等は微粒二酸化ケイ素のみについて考察する。

表 22-2 人一日当たり摂取量

食品添加物名	純食品向け 査定量 (Kg)	人摂取量 (Kg)	1 人 1 日 摂取量 mg/人/日 (A)	ADI mg/ 人/日 (B)	ADI 比 A/B%	分析学的 報告値 mg/人/日
微粒二酸化ケイ素	18,000	14,400	0.31	特定せず	—	—

前回の人摂取量 (Kg) に比較し、今回の調査結果による摂取量はやや上昇した。

なお、今後アンケート調査を実施するに当っては、従来通り二酸化ケイ素と微粒二酸化ケイ素を分け、時のそれぞれ純食品向け出荷量を報告するように是正すべきであると考える。

以上

第 2 2 章 無機化合物（二酸化炭素）

1. 緒言

二酸化炭素（炭酸ガス）の用途としては、炭酸ガス入り食品、特に炭酸飲料等に添加使用するケース、生ビールをビヤホール等飲食店でジョッキ等に注ぐため液化炭酸のガス圧を利用して押し出すケース、ドライアイス又は液化炭酸として、魚類、バター、チーズ、アイスクリーム等の低温保存、低温輸送に使用するケース、穀物の保存（炭酸ガス封入密閉包装）、食肉製品等一部の加工食品の密閉包装に使用されるケース等がある。

2. 調査結果

炭酸ガスの調査結果を表 2 2－3 に示す。

表 2 2－3 二酸化炭素の出荷報告値一覧表

食品添加物名	平成 10 7 (19958)	会社 数	平成 10 年(19952001)	会社 数
	純食品向け出荷量(t)		純食品向け出荷量(t)	
二酸化炭素（炭酸ガス）	136,405	34	126,321	34

3. 品目別考察

二酸化炭素の食品への使用量を推定するため、各種食品に対する使用量を試算した。

(1) 炭酸飲料

（財）日本炭酸飲料検査協会で調査した各炭酸飲料への二酸化炭素の添加量から、炭酸飲料への使用量を試算すると以下のとおり、約 16,500t となる。

表 2 2－4

	生産量概数 (万 kl)	添加量 (g/l)	使用量 (t)
コーラ炭酸飲料	117	7.41	8,670
透明炭酸飲料	36.5	7.27	2,650
果汁入り炭酸飲料	32.8	5.08	1,670
果実着色炭酸飲料	20	3.60	720
乳類入り炭酸飲料	7.9	4.09	320
炭酸水	4	8.46	340
その他炭酸飲料	14.9	5.08	760
小ビンドリンク炭酸飲料	22.5	6.27	1,410
合計	264.9		16,540

炭酸飲料以外の炭酸ガス入り飲料として、ビール、発泡酒等があるので、同様にこれらについても使用量を試算した。

(2) ビール

ビールの場合、製造により產生される炭酸ガスは約 0.5%といわれている。炭酸ガス含量を 0.5%に調整するため微量の炭酸ガスを添加している。その量はビール中の炭酸ガスの 2～5%といわれているので、ビールに対する添加量は 0.01～0.025%となる。

ビールの平成 13 年度の酒類課税数量は国産分及び輸入分を含め、約 493 万 kl であり、二酸化炭素の添加量は 0.01～0.025%なので 493～1,230 t と幅があるが、ビヤホール等で使用する炭酸ガスも含め、約 1,200 t と推定する。

(3) 発泡酒

雑酒には、発泡酒、老酒等が含まれる。雑酒の平成 10 年度の酒類課税数量は国産分及び輸入分を含め約 228 万 kl であり、その大半が発泡酒と考えられる。ビール大手 5 社の発泡酒生産量の数字のみで約 98%を占めることから、5 社の数量で炭酸ガスの使用量を推定すると、表 22-5 のとおりとなる。

表 22-5 発泡酒への二酸化炭素の推定使用量

平成 13 年度雑酒の 生産量 (千 kl)	平成 13 年度発泡酒の 生産量 (千 kl) *	添加量	炭酸ガス使用量 (t)
2,280	2,230*	0.5%	1,115

*大手 5 社の生産量

(4) 缶チューハイ

缶チューハイに関する生産数量で公表された資料がないため、平成 5 年の調査結果をそのまま用い、缶チューハイへの二酸化炭素の推定使用量とした。

平成 5 年度生産量 (kl)	添加量	炭酸ガス使用量
1555,999	0.5%	775(t)

これら (1) から (4) までの使用推定量の合計は、19,630 t となる。

その他、スポーツ飲料、ドリンク飲料（医薬部外品）等にも炭酸ガスが使用されているものもあり、これらを含め飲料全体への使用量は約 20,000 t と推定する。

(5) 人が摂取しないと考えられる炭酸ガス

ビールでは、ガス圧調整のため添加する場合とビヤホール、飲食店等で生ビールを大入容器からジョッキ等へ注ぐために液化炭酸のガス圧を利用する場合がある。後者の使用量は、ビール 1 kl に対し、炭酸ガス約 10 kg といわれている。

ビヤホール、飲食店等でのビールの消費量は全量の約 1/10 とされているので、

$$493 \text{ 万 kl} \times 10 / 1000 = 4,930 \text{ t}$$

4,930 t が消費されると推定する。

その他にドライアイスとしての使用（業界紙によると 70,000～75,000 t）、食品の保存を目的として容器包装に封入して使用する方法、液化炭酸ガスを利用して食品を冷却する方法、炭酸塩類の製造原料としての用途がある。

(6) 調査結果についての考察

平成 10 年度の純食品向け出荷量は、136,405 t であったのに対し、平成 13 年度調査では 126,321 t と約 10,000 t 減少している。食添としての出荷量は平成 10 年が 498 千 t、平成 13 年は 440 千 t と同様に減少している。

一方、業界団体の日本産業ガス協会の炭酸ガス専門家委員会調査によると、平成 13 年度における液化炭酸ガスの生産量は 808 千 t、この内、食品向け（飲料用としている）の割合が 20.4%（164 千 t）と推定している。従って、炭酸ガスの食品向け出荷数量は 16-17 万 t 程度と推定される。

これらの食品向け出荷量には、食品の冷蔵輸送あるいは保存の目的で使用される量も含まれるものと思われる。平成 13 年度の純食品向け出荷量報告値 126,320 t であるが、今回は報告値をそのまま査定量とする。

なお、二酸化炭素に関する報告企業は調査毎にかなり変化し、報告数量も異なることが多い。より精度の高い出荷量を把握するためには的確な追跡調査が必要と考えられる。

3. まとめ

二酸化炭素の摂取量を表 2 2 - 6 に示す。

表 2 2 - 6 二酸化炭素の摂取量

食品添加物 名	純食品向け 査定量 (t)	人摂取量 (t)	1 人 1 日摂取 量 mg/人/日 (A)	ADI mg/ 人/日 (B)	ADI 比 A/B%	分析学的 報告値 mg/人/日
二酸化炭素	126,320	12,922	292	特定 せず	—	—

（注）二酸化炭素は炭酸ガス飲料のように直接食品へ添加するものと、ドライアイス、食品の冷却用、食品の保存性を高めるために炭酸ガスを密閉する等食品への直接添加でなく摂取されないものに分けられる。炭酸ガスの摂取量を考察する場合、飲用時のビール、発泡酒は炭酸ガスを気散しにくいと考えられているが、炭酸飲料、缶チューハイは気散するためその量を考慮した。さらに、酒類は 20 才以上の人口（103 百万人）を対象とした。これらを考慮し、摂取量を推定すると以下のとおりとなる。

（1）ビール・発泡酒からの摂取量： $2,300 \div 103 \text{ 百万} \times 103 \text{ 百万} \times 0.8 = 49 \text{ mg/日/人}$

（2）炭酸飲料からの摂取量（気散量を 20% とする）： $16,540 \div 126 \text{ 百万} \div 365$
 $\text{日} \times 0.8 \times 0.8 = 230 \text{ mg/日/人}$

（3）缶チューハイからの摂取量（気散量を 20% とする）： $775 \div 103 \text{ 百万} \div 365$
 $\text{日} \times 0.8 \times 0.8 = 13 \text{ mg/日/人}$

以上

第22章 無機化合物（アンモニウム、亜鉛、銅、鉄、その他）

1. アンモニウム塩類

1. 緒言

アンモニウム塩類の中には、塩化アンモニウム、炭酸アンモニウム及び炭酸水素アンモニウム、硫酸アンモニウムの4品目が含まれる。

塩化アンモニウムは和菓子用膨張剤として使用される例もあるが、主にはイーストフードの原料として使用されている。

炭酸アンモニウム及び炭酸水素アンモニウムは、食品添加物製剤の配合剤としても一部使用される例もあるが、大部分は単一膨張剤として使用される。水分の多い菓子では、アンモニア臭が残る欠点があるため、水分の少ないクッキーやビスケット用に使用されている。食品添加物成分規格では、炭酸アンモニウムは、アンモニア30%以上、炭酸水素アンモニウムは20～30%の違いはあるが、炭酸アンモニウムは不安定なため、主として炭酸水素アンモニウムが使用されている。

硫酸アンモニウムは、殆どがアルコール飲料の焼酎（53%）とスピリッツ（47%）に使用される。

膨張剤として使用された塩化アンモニウムは分解され、また、イーストフードとしてパン等に用いられたものはイーストの栄養源として消費され食品中には残存しない。また、膨張剤として使用された炭酸アンモニウム及び炭酸水素アンモニウムも同様に食品に残存しない。

2. 調査結果

アンモニウム塩類の調査結果を表22-7に示す。

表 22-7 純食品向け出荷量の報告値一覧表

食品添加物名	平成10年(1998)		平成13年(2001)	
	純食品向け出荷量 (Kg)	会社数	純食品向け出荷量 (Kg)	会社数
塩化アンモニウム	0	1	1,040	12
炭酸アンモニウム	0	0	0	0
炭酸水素アンモニウム	752,000	2	666,500	21
硫酸アンモニウム	30,000	2	46,886	2

3. 品目別考察

(1) 塩化アンモニウム

塩化アンモニウムはその大半がイーストフードとして使用されるため、イーストフードの代表的な配合例から、需要量を推定した。イーストフードの代表的配合例は下記の通りであ

る。(食品工業総合事典)

CaSO ₄	24.93%
NH ₄ Cl	9.38%
KBrO ₃	0.27%
NaCl	24.93%
澱粉	40.49%

パンの生産量は、おおよそ 127 万 t (平成 13 年度)であり、イーストフードを 1%添加すると、塩化アンモニウムは約 1,190 t になる。和菓子の膨張剤分として約 200 t を加算して 1,400 t 程度を見積もることが出来る。平成 13 年度調査では純食品向け出荷量として 1,040 t の報告があった。

塩化アンモニウムはその殆どがイーストフードや膨張剤として、添加物製剤として販売され、原体そのものを使用することは極めて少ないためか、過去の報告では、平成 7 年度が 11 t、平成 10 年度が 0 報告値であった。(本出荷・実需調査では食品添加物の原体のみがその対象となっている。)

いずれにしても、パン等においてはイーストの栄養源として消費されてしまうこと、膨張剤としては分解されてしまうため、塩化アンモニウムの形で食品中に残存することはなく、人摂取量は 0 と査定する。

(2) 炭酸アンモニウム・炭酸水素アンモニウム

炭酸アンモニウム及び炭酸水素アンモニウムが主に使用されている食品は、ビスケット及びチョコレート類である。

チョコレートへの使用はカカオ豆の中和、ココア末をソルブルココアにする際に使用する。他のアルカリ剤の食品への使用量調査でチョコレートへの使用量は炭酸アンモニウム、炭酸水素アンモニウムよりも、かなり少ないことから、この 2 品が主に使われていると見るべきのが妥当と思われる。平成 13 年のココア豆輸入量(日本チョコレート・ココア協会調べ)は、49 千 t であり、0.5%使用の場合約 245 t、2%使用の場合は 980 t 程度になる。

平成 13 年のビスケット類の生産量は 224 千 t、スナック菓子 226 千 t (食品産業統計年報全日本菓子協会調べ)であり、これに 35%含有する膨張剤を 2%使用したとすると 3,150 t となる。

食品向け出荷量調査では、炭酸アンモニウムの食品への使用は申告されていない。ここでは食品への使用事例から使用量をチョコレート用、菓子用及び他の食用品も併せて総量を約 4,000 t と推定し、食品用使用量の比率で推定すると、炭酸アンモニウム 1,000 t、炭酸水素アンモニウム 3,000 t になる。しかしながらこれらの添加物は、チョコレートにおいては中和され、膨張剤においては分解され、いずれも食品中に残存しないため、摂取量はゼロとなる。

(3) 硫酸アンモニウム

硫酸アンモニウムの純食品向け出荷量は、前々回(平成 7 年、平成 10 年)共に 30 t であったが、今回はやや増加し 47 t となっている。前回同様に、純食品向け出荷量数値をそのまま査定量とした。